

BEST AVAILABLE COPY

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑯ **Gebrauchsmuster**

**U1**

(11) Rollennummer G 92 02 828.4

(51) Hauptklasse B01F 5/04

Nebenklasse(n) B01F 3/04

Zusätzliche Information // C02F 3/12, A23L 2/26, C02F 1/24, 1/52

(22) Anmeldetag 04.03.92

(47) Eintragungstag 09.07.92

(43) Bekanntmachung  
im Patentblatt 20.08.92

(54) Bezeichnung des Gegenstandes  
Einrichtung zum Belüften oder Imprägnieren einer Flüssigkeit

(71) Name und Wohnsitz des Inhabers

Wopfner, Gaston M., 8190 Wolfratshausen, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters

Poswik, von, A., Dipl.-Phys. Univ., Pat.-Anw.,  
8190 Wolfratshausen

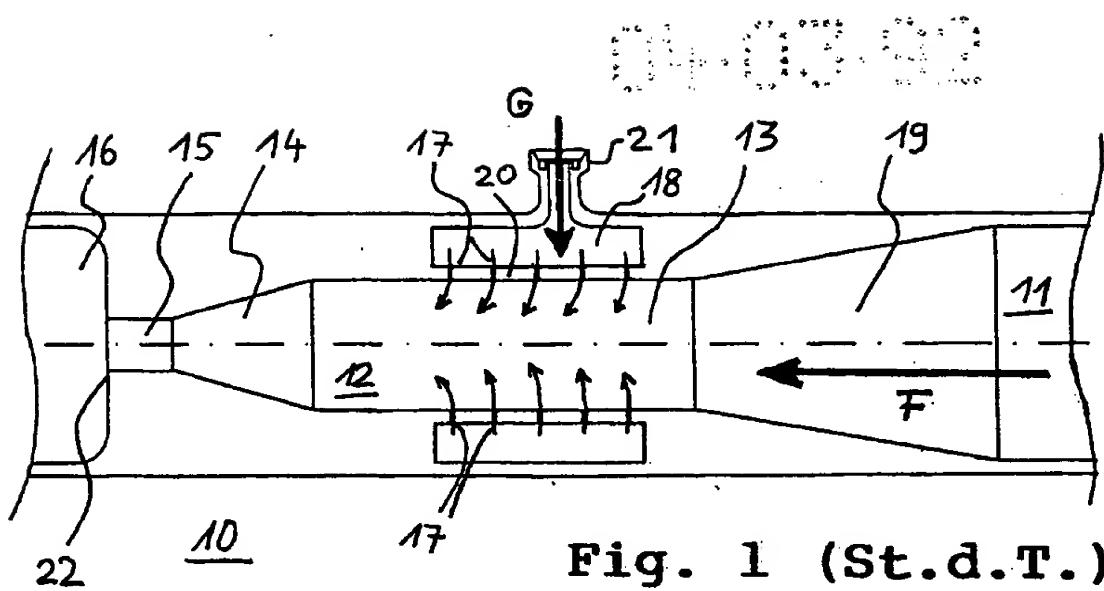


Fig. 1 (St.d.T.)

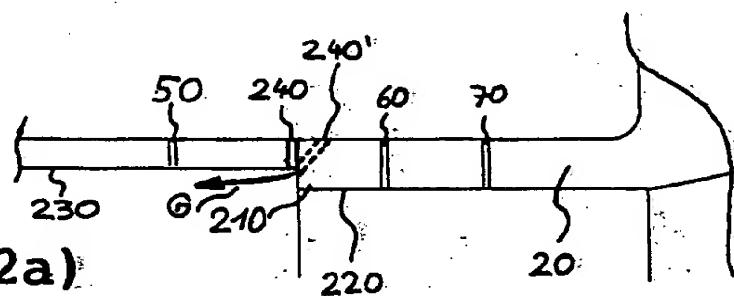


Fig. 2a)

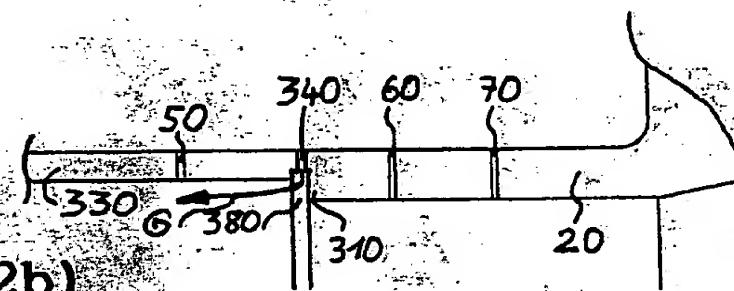


Fig. 2b)

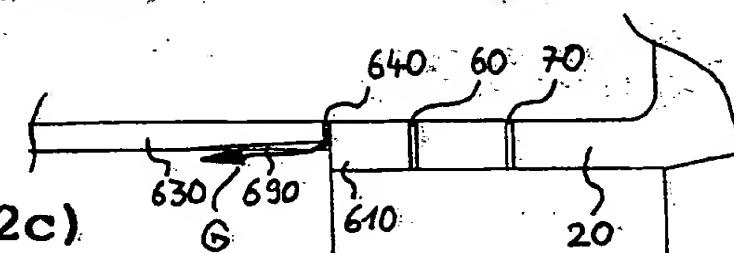


Fig. 2c)

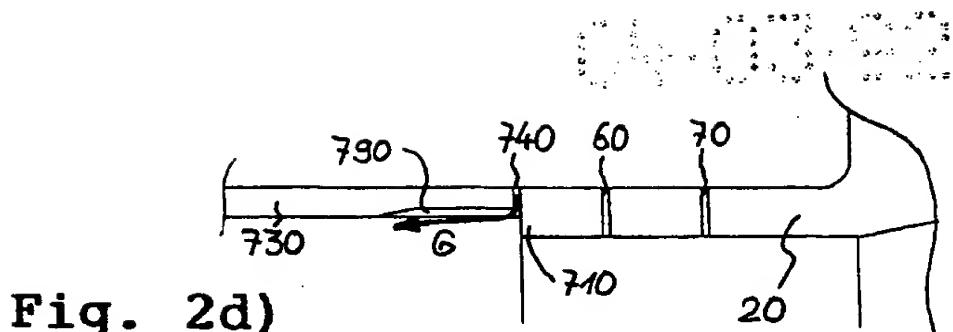


Fig. 2d)

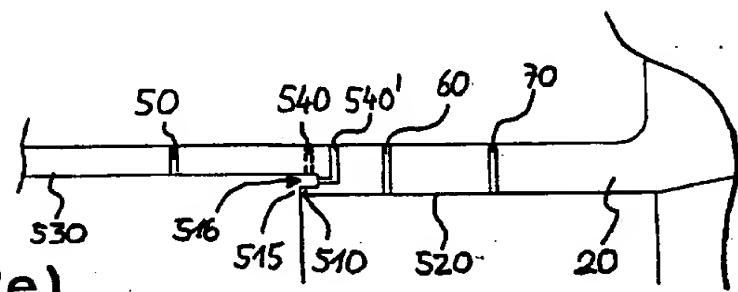


Fig. 2e)

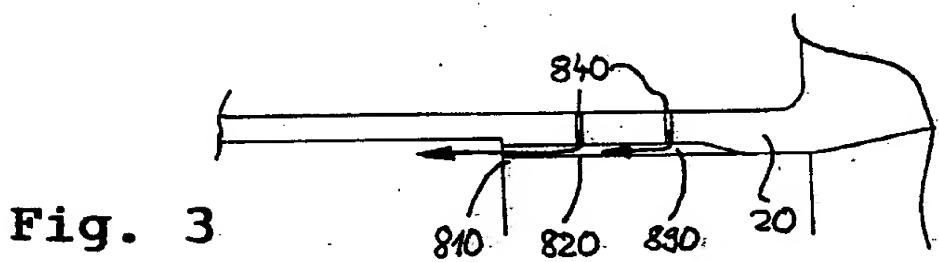


Fig. 3

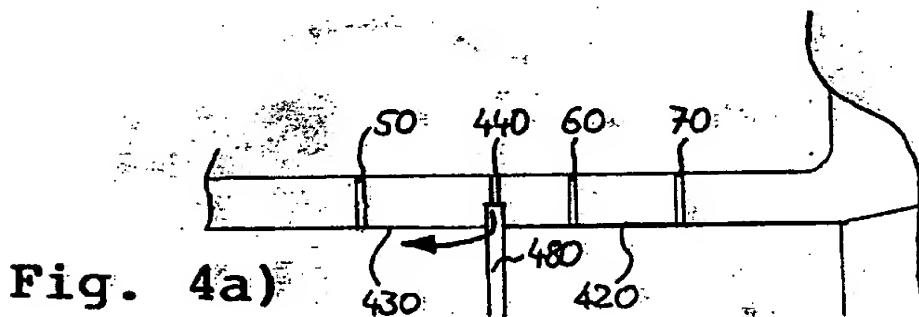


Fig. 4a)

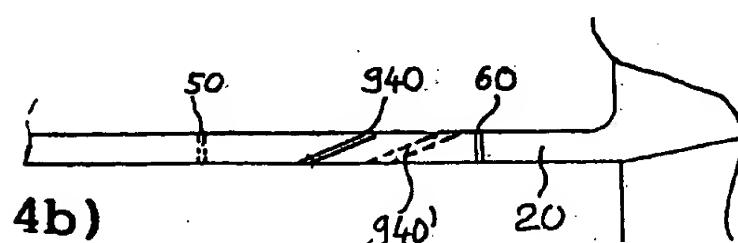


Fig. 4b)

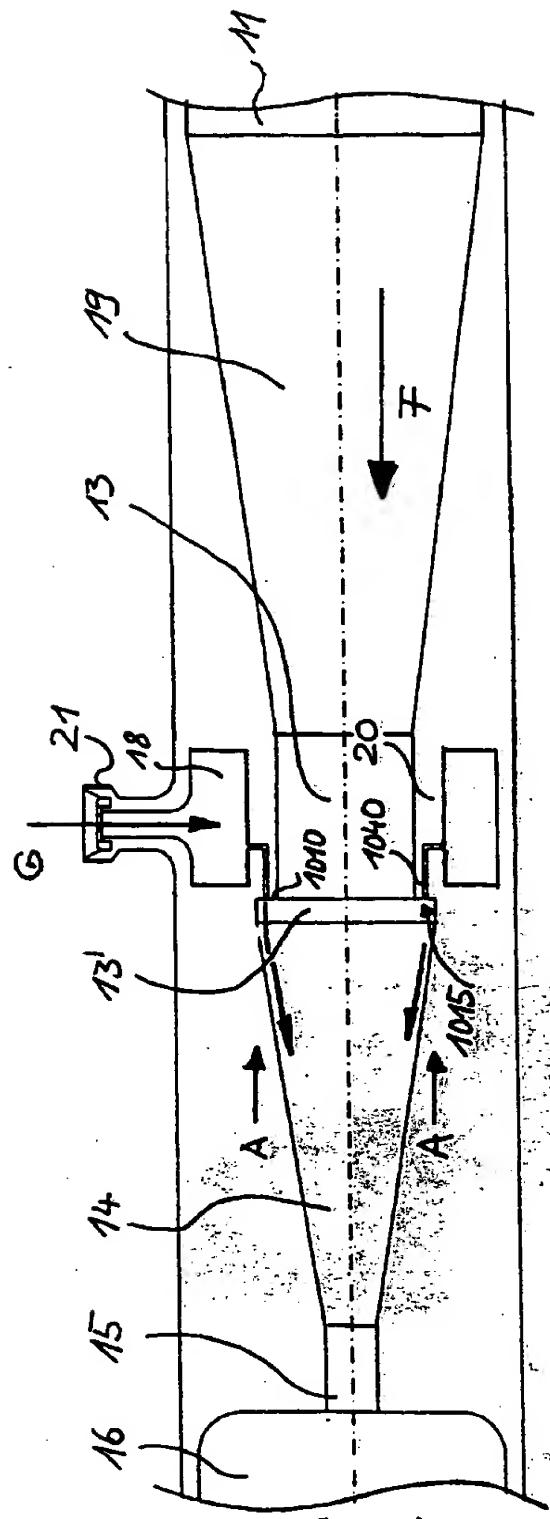


Fig. 5a)

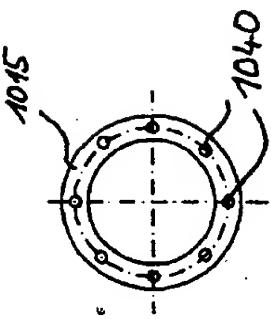


Fig. 5b)  $\text{H}_2\text{O}$

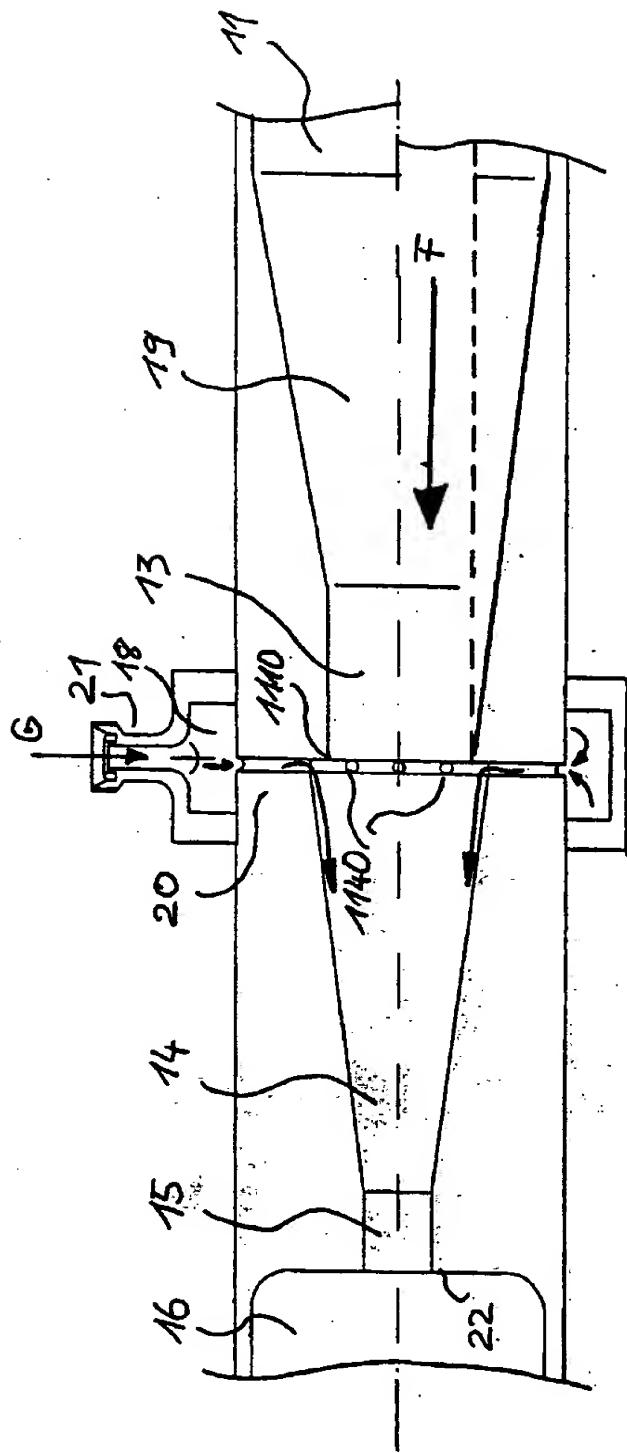


Fig. 6)

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Belüften oder Imprägnieren einer in einem geschlossenen Strömungskanal strömenden Flüssigkeit mit einem von außen zugeführten Gas, wobei beide Phasen miteinander vermischt und/oder das Gas in der Flüssigkeit gelöst wird.

Es gibt eine große Anzahl von Verfahren, bei deren Durchführung Flüssigkeiten einer Behandlung in Form eines Belüftens oder Imprägnierens mit einem Gas unterzogen werden, beispielsweise in der Getränkeindustrie, in der Brauereitechnik, bei der Aufbereitung von Frischwasser, bei der Abwasserbehandlung, in der Petrotechnik etc.. Durch das Belüften oder Imprägnieren soll erreicht werden, daß Gas in Form von sehr feinen Bläschen in der Flüssigkeit verteilt wird, um es beispielsweise ganz oder teilweise in der Flüssigkeit zu lösen, um ein bereits in der Flüssigkeit gelöstes Gas auszutreiben, oder um Flotations- oder Sedimentationsvorgänge an in der Flüssigkeit befindlichen Schwebeteilchen auszulösen.

In der Deutschen Patentanmeldung P 40 29 982.1 ist bereits eine Zweiphasenmischdüse zum Belüften oder Imprägnieren einer in einem geschlossenen Strömungskanal strömenden Flüssigkeit mittels eines von außen zugeführten Gases vorgeschlagen worden, bei der die Flüssigkeit durch eine Mischkammeranordnung geführt wird, die einen zylindrischen Zumischbereich mit einem gegebenen Strömungsquerschnitt und eine diesem in Strömungsrichtung nachgeordnete zylindrische Mischstrecke mit kleinerem Strömungsquerschnitt umfaßt, welche untereinander durch eine konische, sich vom Querschnitt des Zumischbereichs auf den Querschnitt der Mischstrecke verjüngende Beschleunigungstrecke verbunden sind. Am Ende der Mischstrecke erweitert sich der Strömungsquerschnitt sprungartig in eine nachfolgende Beruhigungsstrecke. Bei dieser bekannten Einrichtung wird das Gas von einem den zylindrischen Zumischbereich umgebenden Ringkanal

durch eine Anzahl von in der Wandung des zylindrischen Zumischbereichs vorgesehenen, in radialer Richtung verlaufenden Gaszuführungsbohrungen unter Bildung von noch verhältnismäßig großen Blasen in die durch den Zumischbereich fließende Flüssigkeitsströmung gepreßt. Das in dieser Weise geschaffene Gasblasen-Flüssigkeits-Gemisch wird in der nachfolgenden Beschleunigungsstrecke stark beschleunigt, mit hoher Geschwindigkeit durch die Mischstrecke gepreßt und anschließend beim Eintritt in den Beruhigungsbereich stark verzögert, wobei die Gasphase nun in Form von wesentlich kleineren Bläschen vorzufinden ist als vor dem Eintritt in die Beschleunigungsstrecke. Die Wirkungsweise der bekannten Düse lässt sich damit erklären, daß das Gasblasen-Flüssigkeits-Gemisch in der Beschleunigungsstrecke, beim Durchgang durch die Mischstrecke und beim Austritt in den nachfolgenden Beruhigungsbereich sehr starken Scherspannungen ausgesetzt ist, wodurch die Gasblasen zerrissen und in wesentlich kleinere Gasblaschen zerteilt werden. Bei der hier beschriebenen Düse hat es sich jedoch als nachteilig herausgestellt, daß die erzeugten Gasblaschen über einen verhältnismäßig weiten Bereich varierende Durchmesser haben, im Gegensatz zum Idealfall, bei dem alle Gasblaschen gleich groß sind, und daß die Größe der Gasblaschen verhältnismäßig stark vom Strömungsdurchsatz sowohl der Gasphase als auch der Flüssigkeitsphase abhängig ist. Weiterhin hat sich gezeigt, daß zum Einpressen des Gases in die Flüssigkeit ein verhältnismäßig starker Überdruck notwendig ist.

Weiterhin ist aus der DE-PS 26 27 880 ein Verfahren für die Zerteilung von Gasen in kleine Blasen mithilfe einer Flüssigkeit, wobei beide Phasen miteinander vermischt werden, bekannt, bei dem das Gas und die Flüssigkeit mit solchen Zuströmgeschwindigkeiten und Volumenströmen in einer Mischkammer zu einem Zweiphasengemisch zusammengeführt werden, daß die Ausströmgeschwindigkeit des Zweiphasengemisches aus der Mischkammer gleich der charakteristischen Schallgeschwindigkeit des Zweiphasengemisches ist, wobei das

3

Zweiphasengemisch die Mischkammer mit einer sprunghaften Druckerniedrigung verläßt. Bei diesem bekannten Verfahren wird von der Erkenntnis Gebrauch gemacht, daß die Schallgeschwindigkeit eines Zweiphasen-Gemischs nur ein Bruchteil der Schallgeschwindigkeit der beiden reinen Phasen ist und bei einem Gasvolumenanteil von zwischen 30 und 80% nur etwa 20 bis 30 m/s beträgt gegenüber etwa 1500 m/s bei reinem Wasser bzw. 330 m/s bei reiner Luft, wodurch von dem Effekt Gebrauch gemacht werden kann, daß beim Abströmen des Gemischs aus der Mischkammer mit seiner charakteristischen Schallgeschwindigkeit durch die sprunghafte Druckerniedrigung beim Austritt aus der Mischkammer eine intensive Zerteilung der Phasen bewirkt wird. Dieses bekannte Verfahren ist jedoch bei Zweiphasengemischen, bei denen der Gasvolumenanteil wesentlich weniger als 30% beträgt wegen der mit Verringerung des Gasvolumenanteils naturgemäß rapide ansteigenden Schallgeschwindigkeit des Zweiphasengemischs nicht mehr praktikabel und damit zu einem Belüften oder Imprägnieren von Flüssigkeiten, bei dem der Gasvolumenanteil nur einige Prozent des Mischvolumens beträgt nicht anzuwenden. Außerdem ist bei dem bekannten Verfahren eine sprunghafte Druckerniedrigung des Zweiphasengemischs beim Verlassen der Mischkammer zwingende Voraussetzung, was bei einer freibetriebenen Düse einfach zu erreichen ist, nicht jedoch beim Betrieb in einem geschlossenen Strömungskanal, wie er verwendet wird, wenn eine Flüssigkeit belüftet oder mit einem Gas imprägniert werden soll.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, eine Einrichtung zum Belüften oder Imprägnieren einer in einem geschlossenen Strömungskanal strömenden Flüssigkeit mit einem von außen zugeführten Gas anzugeben, bei denen eine hohe Gleichmäßigkeit der Größe der erzeugten Gasblaschen gewährleistet ist.

Die gestellte Aufgabe wird erfahrungsgemäß gelöst durch eine Einrichtung zum Belüften oder Imprägnieren einer in einem Strömungskanal strömenden Flüssigkeitsphase mit-

tels einer von außen zugeführten Gasphase, bei der eine in den Strömungskanal geschaltete Mischkammeranordnung vorgesehen ist, enthaltend

- einen von einer Wandung begrenzten, einen gegebenen Strömungsquerschnitt aufweisenden Zumischbereich zur Zuführung der Gasphase durch in der Wandung vorgesehene Gaszuführungskanäle zu der Flüssigkeitsphase,
- eine dem Zumischbereich in Strömungsrichtung nachgeordnete Mischstrecke gegebener Länge mit kleinerem Strömungsquerschnitt als der Zumischbereich,
- eine zwischen dem Zumischbereich und der Mischstrecke angeordnete, sich im wesentlichen kontinuierlich vom Strömungsquerschnitt des Zumischbereichs auf den Strömungsquerschnitt der Mischstrecke verjüngende Beschleunigungsstrecke, und
- einen sich der Mischstrecke in Strömungsrichtung anschließenden Beruhigungsbereich mit größerem Strömungsquerschnitt als die Mischstrecke, wobei der Strömungsquerschnitt der Mischstrecke an deren Ende sprungartig in den Strömungsquerschnitt des Beruhigungsbereichs übergeht,
- wobei der Zumischbereich und die Gaszuführungskanäle so ausgebildet sind, daß die Gasphase im wesentlichen an der äußeren Mantelfläche der durch die Flüssigkeitsphase gebildeten Strömungssäule konzentriert wird.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Einrichtung ist es, daß die Gasbläschen mit sehr gleichmäßiger Größe erzeugt werden, und daß die Gleichmäßigkeit der Bläschengröße über einen weiten Bereich von Strömungsgeschwindigkeiten erhalten bleibt.

Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß die Wandung des Zumischbereichs eine zumindest teilweise in Umfangsrichtung desselben verlaufende Diskontinuität aufweist, an der sich der Strömungsquerschnitt des Zumischbereichs erweitert, und daß die Gaszuführungskanäle so an der Diskontinuität angeordnet und/oder so ausgebildet sind, daß die über dieselben zugeführte

Gasphase der Flüssigkeitsphase an der stromabwärtigen Seite der Diskontinuität beigemischt wird. Dies hat den Vorteil, daß ein verhältnismäßig geringer Überdruck zum Zuführen der Gasphase ausreicht.

Eine andere Weiterbildung der erfundungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß die Diskontinuität durch eine Stufe gebildet ist, an der sich der Strömungsquerschnitt des Zumischbereichs mit der Strömungsrichtung sprungartig erweitert, und daß die Gaszuführungskanäle an der stromabwärtigen Seite der Stufe münden. Diese Ausbildung bringt den Vorteil, daß die zugeführte Gasphase besonders gleichmäßig über den äußeren Umfang der durch die Flüssigkeitsphase gebildeten Strömungssäule verteilt wird.

Der zuletzt genannte Vorteil kommt besonders zum Tragen bei Ausführungsformen, bei denen die Gaszuführungskanäle parallel zur Richtung der Flüssigkeitsströmung in der die stromabwärts gewandte Begrenzung bildenden Fläche der Stufe münden, wobei dieser Effekt noch weiter erhöht werden kann, wenn die stromabwärts gewandte Fläche der Stufe eine sich in Strömungsrichtung öffnende, in Umfangsrichtung parallel mit der Stufe verlaufende Nut aufweist, in der die Gaszuführungskanäle münden.

Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Diskontinuität durch eine in der Wandung des Zumischbereichs vorgesehene, zumindest teilweise in Umfangsrichtung verlaufende Nut gebildet ist, und daß die Gaszuführungskanäle in der Nut münden. Der Vorteil dieses Ausführungsbeispiels ist es, daß der gewünschte Effekt mit einem sehr geringen Aufwand erreichbar ist.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform ist es vorgesehen, daß die Gaszuführungskanäle in einem spitzen Winkel schräg zur Richtung der Flüssigkeitsströmung in den Zumischbereich münden. Dies hat den Vorteil, daß die Gasphase unter Beibehaltung eines gleichmäßigen Strömungsquer-



schnitts des Zumischbereichs auf der Außenseite der Flüssigkeitsphase konzentriert werden kann. Vorteilhafterweise sind die Gaszuführungskanäle in mehreren parallelen, in Umfangsrichtung um den Zumischbereich verlaufenden Reihen angeordnet. Die Einrichtung nach diesem Ausführungsbeispiel ist besonders einfach herzustellen.

Besonders vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Einrichtung bestehen darin, daß stromaufwärts der Gaszuführungskanäle zusätzliche Gaszuführungsöffnungen angeordnet sind, oder daß stromabwärts der Gaszuführungskanäle zusätzliche Gaszuführungsöffnungen angeordnet sind. Denn hierdurch ist es möglich, die erwünschte Gleichmäßigkeit der Größe der Gasbläschen über einen noch weiteren Bereich von Strömungsdurchsätzen zu erhalten, indem nämlich bei niedrigem Strömungsdurchsatz, bei dem ein geringer Überdruck zum Zuführen der notwendigen Gasmenge ausreicht, das Gas im wesentlichen nur an der Diskontinuität zugeführt wird, während bei steigendem Strömungsdurchsatz, bei dem ein zunehmender Druck zum Zuführen der notwendigen Gasmenge erforderlich ist, das Gas immer mehr auch durch die zusätzlich vorgesehenen Gaszuführungskanäle zugeführt wird.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung der Zeichnung erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 einen etwas schematisierten Längsschnitt einer Mischdüse nach dem Stand der Technik;

Figuren 2a) bis 2e) Längsschnitte durch die den Zumischbereich der Mischdüse umgebende Wandung, wobei gemäß einem ersten bis einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Diskontinuität im Zumischbereich vorgesehen ist, die durch einen den Strömungsquerschnitt in Strömungs-

richtung sprungartig erweiternde Stufe gebildet ist und wobei die Gaszuführungskanäle stromabwärts der Stufe münden;

Figur 3 einen Längsschnitt durch die den Zumischbereich der Mischdüse umgebende Wandung, wobei gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Diskontinuität im Zumischbereich vorgesehen ist, die durch eine den Strömungsquerschnitt in Strömungsrichtung sprungartig erweiternde Stufe gebildet ist und wobei die Gaszuführungskanäle stromaufwärts der Stufe münden;

Figur 4a) Längsschnitte durch die den Zumischbereich der Mischdüse umgebende Wandung, wobei gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel eine Diskontinuität in Form einer in der Wandung des Zumischbereichs in Umfangsrichtung verlaufenden Nut gebildet ist und wobei die Gaszuführungsöffnungen in der Nut münden;

Figur 4b) Längsschnitte durch die den Zumischbereich der Mischdüse umgebende Wandung, wobei gemäß einem achten Ausführungsbeispiel eine Diskontinuität in Form einer in der Wandung des Zumischbereichs in Umfangsrichtung verlaufenden Nut gebildet ist und wobei die Gaszuführungsöffnungen in der Nut münden;

Figur 5a) einen etwas schematisierten Längsschnitt durch eine Mischdüse gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 5b) eine Ansicht der den Zumischbereich der in Figur 5a gezeigten Mischdüse umgebenden Wandung in Richtung A-A;

Figur 6 eine etwas schematisierte Schnittansicht einer Mischdüse gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 1 zeigt den etwas schematisierten Längsschnitt durch eine insgesamt mit 10 bezeichnete Mischdüse zum Belüften oder Imprägnieren einer in einem geschlossenen Strömungskanal 11 fließenden Flüssigkeit F mit einem von außen durch einen Anschlußstutzen 21 zugeführten Gas G, wie sie in der bereits eingangs genannten Deutschen Patentanmeldung P 40 29 982.1 vorgeschlagen wird. Die Düse enthält einen Zumischbereich 13 in Form eines zylindrischen Abschnitts, der von einem den durch den Anschlußstutzen 21 eintretenden Gasstrom aufnehmenden Ringkanal 18 umgeben ist. Die den Ringkanal 18 von dem Zumischbereich 13 trennende Wandung 20 ist mit in radialer Richtung verlaufenden Gaszuführungsbohrungen 17 versehen, durch die das Gas von dem Ringkanal 18 in die von dem Strömungskanal 11 über einen Konus 19 in den Zumischbereich 13 strömende Flüssigkeit gedrückt wird. Dabei wird das Gas in Form von verhältnismäßig großen Blasen in der Flüssigkeit verteilt. Stromabwärts des Zumischbereichs 13 ist eine Mischstrecke 15 angeordnet, die einen wesentlich kleineren Strömungsquerschnitt als der Mischbereich 13 aufweist und mit letzterem über eine konische Beschleunigungsstrecke 14 verbunden ist, die sich vom Querschnitt des Zumischbereichs 13 auf den Querschnitt der Mischstrecke 15 verjüngt. Die Mischstrecke 15 endet mit einer sprungartigen Erweiterung des Querschnitts am Übergang zu einem Beruhigungsbereich 16, in dem sich der Strömungskanal stromabwärts der Mischdüse fortsetzt.

Das durch das Einpressen des Gases G in die Flüssigkeit F im Zumischbereich 13 gebildete Gasblasen-Flüssigkeits-Gemisch wird in der Beschleunigungsstrecke 14 beschleunigt und mit großer Geschwindigkeit durch die sich anschließende Mischstrecke 15 gepreßt, wonach es mit einer jähnen Verzögerung in den Beruhigungsbereich 16 eintritt. Beim Durchströmen der Beschleunigungsstrecke 14, der Mischstrecke 15 und beim anschließenden Eintritt in den Beruhigungsbereich 16 wird das Gemisch beträchtlichen Scherspannungen ausgesetzt, wodurch die Gasblasen zerteilt und sehr viel kleinere Gasbläschen gebildet werden.

Im Gegensatz zu der in Figur 1 gezeigten Mischdüse nach dem Stand der Technik, bei der das Gas durch die radialen Gaszuführungsbohrungen 17 in das Innere der durch die strömende Flüssigkeit gebildeten Strömungssäule gepreßt wird, sind gemäß der vorliegenden Erfindung die den Zumischbereich 13 umgebende Wandung 20 in Verbindung mit der Zuführung des Gases G dienenden Gaszuführungskanälen so ausgebildet, daß die Gasphase im wesentlichen an der äußeren Mantelfläche der durch die Flüssigkeitphase F gebildeten Strömungssäule konzentriert wird.

Gemäß den in den Figuren 2a bis 2e gezeigten Ausführungsbeispielen wird dies dadurch bewerkstelligt, daß in der den Zumischbereich 13 begrenzenden Wandung 20 eine den Strömungsquerschnitt des Zumischbereichs 13 in Richtung der Flüssigkeitströmung sprungartig erweiternde Stufe 210;310;610;710;510 ausgebildet ist, die in Umfangsrichtung um den Zumischbereich 13 herum verläuft. Auf der stromabwärtigen Seite der Stufe 210;310;610;710;510 sind in radialer Richtung durch die Wandung 20 verlaufende Gaszuführungskanäle 240;340;640;740;540' vorgesehen, die unmittelbar stromabwärts der Stufe 210;310;610;710;510 münden. Die Gaszuführungskanäle 240;340;640;740;540' sind mit regelmäßigen Abständen um den Umfang des zylindrischen Zumischbereichs 13 angeordnet, mit einer Anzahl, die zwischen beispielsweise 8 und 36 variieren kann. Je höher die Anzahl der Gaszuführungskanäle ist, umso gleichmäßiger wird das Gas zugeführt, wobei entsprechend der größeren Anzahl der Kanäle deren Querschnitt zu vermindern ist.

Bei dem in Figur 2a gezeigten ersten Ausführungsbeispiel verlaufen die stromaufwärts der Stufe 210 befindliche Innenfläche 220 der Wandung 20 und die stromabwärts der Stufe 210 befindliche Innenfläche 230 der Wandung 20 jeweils unmittelbar bis an die Stufe 20, an der sich der Strömungsquerschnitt sprungartig ändert.



Demgegenüber ist bei dem in Figur 2b gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel stromabwärts der Stufe 310 eine in Umfangsrichtung der Wandung 20 verlaufende Nut 380 ausgebildet, in die die Gaszuführungskanäle 340 münden. Diese Nut 380 bewirkt, daß das durch die einzelnen Gaszuführungskanäle 340 eintretende Gas gleichmäßiger über den Umfang des Zumischbereichs 13 verteilt wird.

Bei den in Figur 2c und Figur 2d gezeigten dritten bzw. vierten Ausführungsbeispielen der Erfindung sind in der stromabwärts der Stufe 610; 710 befindlichen Innenfläche 630; 730 in axialer Richtung des Zumischbereichs 13 verlaufende Kanäle 690; 790 ausgebildet, in denen jeweils einer der Gaszuführungskanäle 640; 740 mündet. Die Kanäle 690; 790 können die gleiche Breite haben wie die Gaszuführungskanäle 640; 740, vorzugsweise sind sie jedoch schmäler, so daß das Gas durch sie in Längsrichtung verteilt wird. Die Kanäle können entweder entsprechend Figur 2c von der Stufe 610 kontinuierlich in die Innenfläche 630 der Wandung 20 übergehen oder entsprechend Figur 2d zunächst parallel zur Innenfläche 730 der Wandung 20 verlaufen und dann erst in diese übergehen.

Gemäß dem in Figur 2e gezeigten fünften Ausführungsbeispiel ist in der durch die Stufe 510 gebildeten stromabwärts gewandten Fläche 515 eine parallel zum Umfang der stromaufwärts der Stufe befindlichen Innenfläche 520 der Wandung 20 verlaufende Nut 516 vorgesehen, die sich somit in Strömungsrichtung öffnet und in die die Gaszuführungskanäle münden. Dabei können die Gaszuführungskanäle zunächst in radialer Richtung verlaufen und dann mit einem in axialer Richtung verlaufenden Teil in die Nut 516 übergehen, vgl. Bezugszeichen 540, oder sie können in radialer Richtung direkt in die Nut verlaufen, vgl. Bezugszeichen 540'.

Gemäß der in Figur 2a gestrichelt dargestellten Variante können die Gaszuführungskanäle 240' in einem Winkel

11

schräg zur Richtung der Flüssigkeitsströmung zu der stromabwärtigen Seite der Stufe 210 geführt werden.

Durch die Strömungsverhältnisse an der Stufe 210;310;610;710;510 wird das durch die Gaszuführungskanäle 240;340;640;740;540' in die durch den Zumischbereich 13 strömende Flüssigkeit eingepreßte Gas in einer Art Schicht zwischen der Oberfläche der Flüssigkeitsphase und der stromabwärts der Stufe 210;310;610;710;510 befindlichen Innenfläche 230;330;630;730;530; der Wandung 20 konzentriert, wodurch eine hohe Gleichmäßigkeit der Größe der Gasbläschen erreicht wird.

Zusätzlich zu den Gaszuführungskanälen 240;340;640;740;540' können oberhalb der Stufe 210;310;610;710;510 zusätzliche Gaszuführungsöffnungen 60,70 und/oder stromabwärts der Stufe 210;310;610;710;510;910 zusätzliche Gaszuführungsöffnungen 50 vorgesehen sein. Diese sind bei niedrigen Gaszuführungsdrücken verhältnismäßig wirkungslos, da aufgrund der Strömungsverhältnisse an der Stufe 210;310;610;710;510 zum Zuführen des Gases über die Gaszuführungskanäle 240;340;640;740;540' ein kleinerer Druck ausreichend ist als zur Zuführung des Gases über die von der durch die Stufe 210 gebildeten Diskontinuität entfernt liegenden zusätzlichen Gaszuführungsöffnungen 50,60 oder 70. Bei höheren Gaszuführungsdrücken werden die zusätzlichen Gaszuführungsöffnungen 50,60 oder 70 jedoch wirksam, so daß dann eine insgesamt vergrößerte Querschnittsfläche für die Zuführung des Gases zur Verfügung steht, so daß es möglich ist, Düsen zu schaffen, die bei variablen Bedingungen einsetzbar sind.

Bei dem in Figur 3 gezeigten sechsten Ausführungsbeispiel sind die Gaszuführungskanäle 840 stromaufwärts der Stufe 810 angeordnet und münden in Kanäle 890, die in Form von in axialer Richtung ausgebildeten Nuten bis zum Ende der Stufe 810 verlaufen. Das durch die Gaszuführungskanäle 840 zugeführte Gas wird in den Kanälen 890 bis zum Ende der

Stufe 810 geführt und dort an die Außenseite der Flüssigkeitsströmung abgegeben, so daß die Gasphase eine Schicht zwischen der flüssigen Phase und der Oberfläche des Zumißbereichs bildet, wie dies durch die Pfeile dargestellt ist. Die Kanäle 890 können die gleiche Breite wie die Gaszuführungsöffnungen 840 haben, vorzugsweise sind sie jedoch breiter, um zu verhindern, daß das Gas vor dem Erreichen der Stufe 810 in die Flüssigkeitsphase gedrückt wird.

Bei dem in Figur 4a gezeigten siebten Ausführungsbeispiel ist die Diskontinuität durch eine in der Wandung 20 des Zumißbereichs 13 in Umfangsrichtung verlaufende Nut 480 gebildet, in deren Sohle in radialer Richtung verlaufende Gaszuführungskanäle 440 münden. Der Gaszuführungsbereich 13 hat stromaufwärts und stromabwärts der Nut 480 den gleichen Durchmesser, so daß sich die Innenfläche 420 oberhalb der Nut 480 nach dieser ohne Erweiterung in der Innenfläche 430 unterhalb der Nut 480 fortsetzt. Da jedoch durch die Nut 480 an der Außenseite der durch den Zumißbereich 13 fließenden Flüssigkeitsphase aufgrund von Wirbelbildung ein lokaler Unterdruck erzeugt wird, und das durch die Gaszuführungskanäle 440 zugeführte Gas über den gesamten Querschnitt der Nut 480 verteilt und damit nur mit einer sehr geringen Geschwindigkeit an die Oberfläche der Flüssigkeitsphase zugeführt wird, bildet sich wiederum die gewünschte Gasschicht zwischen der Oberfläche der Flüssigkeitsphase und der Innenfläche 430 des Zumißbereichs.

Gemäß dem in Figur 4b gezeigten achten Ausführungsbeispiel ist es vorgesehen, daß die Gaszuführungskanäle 940 in einem spitzen Winkel schräg zur Richtung der Flüssigkeitsströmung in den Zumißbereich 13 führen, der ohne Querschnittsänderung in Form eines einheitlichen Zylinders ausgebildet ist. Wie gestrichelt bei 940' dargestellt ist, können die Gaszuführungskanäle 940, 940' auch in mehreren parallelen in Umfangsrichtung um den Zumißbereich verlaufenden Reihen angeordnet sein.

13

Auch bei diesen Ausführungsbeispielen können stromaufwärts und/oder stromabwärts der Gaszuführungsöffnungen 440;940 zusätzliche Gaszuführungskanäle 50,60,70 vorgesehen sein, durch die bei steigendem Gasdruck zusätzlich Gas zugeführt werden kann. Vorzugsweise wird die Gesamtquerschnittsfläche der zusätzlichen Gaszuführungsöffnungen 50,60,70 jedoch wesentlich geringer sein als die Gesamtquerschnittsfläche der Gaszuführungskanäle 440;940 da andernfalls die Ausbildung der Gasschicht an der Oberfläche der Flüssigkeitsphase nicht gewährleistet ist.

Figur 5a zeigt einen etwas schematisierten Längsschnitt durch die gesamte Düse nach einem achten Ausführungsbeispiel der Erfindung. In Übereinstimmung mit der in Figur 1 dargestellten Düse nach dem Stand der Technik ist am Ende eines rohrförmigen Strömungskanals 11 in Richtung der Flüssigkeitsströmung aufeinander folgend ein konischer Teil 19, ein Zumischbereich 13, eine Beschleunigungsstrecke 14, eine Mischstrecke 15 und ein sich anschließender Beruhigungsbereich 16 vorgesehen, wobei sich letzterer im weiteren Verlauf des Strömungskanals fortsetzt. Diese Teile stimmen insoweit mit den entsprechenden Teilen der in Figur 1 dargestellten Düse überein und werden daher nicht nochmals eigens erläutert. Am Ende des Zumischbereichs 13 ist eine Diskontinuität in Form einer Stufe 1010 ausgebildet, durch die eine nach stromabwärts gewandte Kreisringfläche 1015 gebildet wird, deren Ansicht in Figur 5b gezeigt ist. In dieser Kreisringfläche münden mit dem Ringkanal 18 verbundene Gaszuführungskanäle 1040, über die das durch den Anschlußstutzen 21 in den Ringkanal 18 gedrückte Gas zugeführt wird. Es können beispielsweise acht Gaszuführungskanäle 1040 vorgesehen sein, wie in Figur 5b gezeigt ist, je größer die Anzahl der Gaszuführungskanäle 1040, umso gleichmäßiger wird die Gasschicht an der Oberfläche der durch den Zumischbereich 13 strömenden Flüssigkeitsphase ausgebildet.

Bei dem in Figur 5a gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Zumischbereich 13 ähnlich wie bei der Düse in Figur 1 zylindrisch ausgebildet und über den Konus 19 mit dem Strömungskanal 11 verbunden. Alternativ kann der Konus 19 jedoch auch bis an die Stufe 1010 geführt werden, so daß sich der Zumischbereich auf den unmittelbar stromabwärts der Stufe 1010 befindlichen Bereich 13' beschränkt, oder aber kann es vorgesehen sein, daß der Strömungskanal 11 den gleichen Querschnitt wie der stromaufwärts der Stufe 1010 befindliche Teil des Zumischbereichs hat, so daß der Strömungskanal 11 mit gleichbleibendem Querschnitt bis an die Stufe 1010 führt.

Bei dem in Figur 6 gezeigten neunten Ausführungsbeispiel schließlich verlaufen die Gaszuführungskanäle 1140 in radialer Richtung von dem Ringkanal 18 an die stromabwärtsige Seite der Stufe 1110, ähnlich wie es in Figur 2a vgl. Bezugszeichen 240 gezeigt ist. Auch hier kann der Zumischbereich 13 entweder zylindrisch ausgebildet und über einen Konus 19 mit dem Strömungskanal 11 verbunden sein, wie im oberen Teil von Figur 6 gezeigt, oder aber der Konus 19 kann bis unmittelbar an die Stufe 1110 führen, wie es im unteren Teil der Figur 6 mit einer durchgezogenen Linie dargestellt ist. Alternativ kann der Strömungskanal 11 auch den gleichen Querschnitt wie der zylindrische Zumischbereich 13 stromaufwärts der Stufe 1110 haben und unmittelbar bis an die Stufe heranführen, wie es im unteren Teil von Figur 6 durch die gestrichelte Linie gezeigt ist. Die Düse nach dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 hat den Vorteil, daß sie einfach konstruiert und damit ohne großen Aufwand herstellbar ist.

04-00-02

5

10

Schutzansprüche

1. Einrichtung zum Belüften oder Imprägnieren einer in einem Strömungskanal (11) strömenden Flüssigkeitsphase (F) mittels einer von außen zugeführten Gasphase (G), bei der eine in den Strömungskanal (11) geschaltete Mischkammeranordnung (12) vorgesehen ist, enthaltend
  - einen von einer Wandung (20) begrenzten, einen gegebenen Strömungsquerschnitt aufweisenden Zumischbereich (13) zur Zuführung der Gasphase (G) durch in der Wandung (20) vorgesehene Gaszuführungskanäle (17) zu der Flüssigkeitsphase (F),
  - eine dem Zumischbereich (13) in Strömungsrichtung nachgeordnete Mischstrecke (15) gegebener Länge mit kleinerem Strömungsquerschnitt als der Zumischbereich (13),
  - eine zwischen dem Zumischbereich (13) und der Mischstrecke (15) angeordnete, sich im wesentlichen kontinuierlich vom Strömungsquerschnitt des Zumischbereichs (13) auf den Strömungsquerschnitt der Mischstrecke (15) verjüngende Beschleunigungsstrecke (14), und
  - einen sich der Mischstrecke (15) in Strömungsrichtung anschließenden Beruhigungsbereich (16) mit größerem Strömungsquerschnitt als die Mischstrecke (15), wobei der Strömungsquerschnitt der Mischstrecke (15) an deren Ende sprungartig in den Strömungsquerschnitt des Beruhigungsbereichs (16) übergeht,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Zumischbereich (13) und die Gaszuführungs-kanäle (240;340 ... 1140) so ausgebildet sind, daß die Gasphase im wesentlichen an der äußeren Mantelfläche der durch die Flüssigkeitsphase gebildeten Strömungssäule konzen-  
5 triert wird.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandung (20) des Zumischbereichs (13) eine zumindest teilweise in Umfangsrichtung desselben verlaufende  
10 Diskontinuität (210;310 ... 1110) aufweist, an der sich der Strömungsquerschnitt des Zumischbereichs (13) erweitert, und daß die Gaszuführungskanäle (240;340 ... 1140) so an der Diskontinuität (210;310 ... 1110) angeordnet und/ oder so ausgebildet sind, daß die über dieselben zugeführte Gas-  
15 phase (G) der Flüssigkeitsphase (F) an der stromabwärtigen Seite der Diskontinuität (210;310 ... 1110) beigemischt wird.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-  
20 zeichnet, daß die Diskontinuität durch eine Stufe (210;310;510;510';610;710;1010;1110) gebildet ist, an der sich der Strömungsquerschnitt des Zumischbereichs (13) mit der Strömungsrichtung sprungartig erweitert, und daß die Gaszuführungskanäle (240;340;540;540';640;740;1040;1140) an  
25 der stromabwärtigen Seite der Stufe münden.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszuführungsöffnungen (240;340;440;540';640;740;1140) in Richtung senkrecht zur Strömungsrichtung stromabwärts der Stufe (210;310;410;510;610;710;1110) mün-  
30 den.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß stromabwärts der Stufe (310;410) eine in der Wandung  
35 (20) des Zumischbereichs (13) in Umfangsrichtung verlaufende Nut (380;480) ausgebildet ist, in der die Gaszufüh-  
rungskanäle (340;440) münden.

6. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszuführungskanäle (540;1040) parallel zur Richtung der Flüssigkeitsströmung in der die stromabwärts gewandte Begrenzung bildenden Fläche (515;1015) der Stufe (510;1010) münden.

7. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die stromabwärts gewandte Fläche (515) der Stufe eine sich in Strömungsrichtung öffnende, in Umfangsrichtung parallel mit der Stufe verlaufende Nut (516) aufweist, in der die Gaszuführungskanäle (540;540') münden.

8. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszuführungskanäle (240') in einem Winkel schräg 15 zur Richtung der Flüssigkeitsströmung an der stromabwärtigen Seite der Stufe (210) münden.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß stromabwärts der Stufe (610;710) 20 in der Wandung (20) des Zumischbereichs (13) zumindest teilweise in Strömungsrichtung verlaufende Kanäle (690;790) ausgebildet sind, in die die Gaszuführungsöffnungen (640;740) münden.

25 10. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Diskontinuität durch eine Stufe (810) gebildet ist, daß die Gaszuführungskanäle (840) stromaufwärts der Stufe münden, und daß in der Wandung (20) des Zumischbereichs (13) zumindest teilweise in Strömungsrichtung verlaufende Kanäle (890) ausgebildet sind, in die die Gaszuführungskanäle (840) münden und die das zugeführte Gas zu der stromabwärtigen Seite der Stufe (810) führen.

35 11. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Diskontinuität durch eine in der Wandung (20) des Zumischbereichs (13) vorgesehene, zumindest teilweise in Umfangsrichtung verlaufende Nut (480) gebildet ist, und daß die Gaszuführungskanäle (440) in der Nut (480) münden.

004-001-000

12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Nut (480) schräg oder spiralförmig zur Richtung der Flüssigkeitsströmung verläuft.

5 13. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Diskontinuität durch einen an der Wandung (20) des Zumischbereichs (13) vorgesehenen, zumindest teilweise in Umfangsrichtung verlaufenden Vorsprung gebildet ist, und daß die Gaszuführungskanäle stromabwärts des Vorsprungs 10 münden.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorsprung schräg oder spiralförmig zur Richtung der Flüssigkeitsströmung verläuft.

15

15. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszuführungskanäle (940) in einem spitzen Winkel schräg zur Richtung der Flüssigkeitsströmung in den Zumischbereich (13) führen.

20

16. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszuführungskanäle (940) in mehreren parallelen, in Umfangsrichtung um den Zumischbereich (13) verlaufenden Reihen angeordnet sind.

25

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß stromaufwärts der Gaszuführungskanäle (240; 340 ... 1140) zusätzliche Gaszuführungsöffnungen (60; 70) angeordnet sind.

30

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß stromabwärts der Gaszuführungskanäle (240; 340 ... 1140) zusätzliche Gaszuführungsöffnungen (50) angeordnet sind.

35

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Zumischbereich (13) und die Mischstrecke (15) einen kreisförmigen Querschnitt haben,

004-001-000

5

00000000

und daß die Beschleunigungsstrecke (14) in Form eines Kegels vom Querschnitt des Zumischbereichs (13) auf den Querschnitt der Mischstrecke (15) übergeht.

5 20. Einrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Zumischbereich (13) in Form eines Zylinders ausgebildet ist.

10 21. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischstrecke (15) in Form eines Zylinders ausgebildet ist.

15 22. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß stromaufwärts des Zumischbereichs (13) eine weitere Beschleunigungsstrecke (19) in Form eines Kegels angeordnet ist, die sich von einem größeren Querschnitt des Strömungskanals (11) stromaufwärts der Mischdüse auf den Querschnitt des Zumischbereichs (13) verjüngt.

20 23. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Zumischbereichs (13) zwischen 10 und 200 mm, vorzugsweise zwischen 15 und 80 mm beträgt.

25 24. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Mischstrecke (15) zwischen 3 und 50 mm, vorzugsweise zwischen 5 und 20 mm beträgt.

30 25. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischstrecke (15) zylindrisch ausgebildet ist und ihre Länge mindestens das 1,5-fache ihres Durchmessers beträgt.

35 26. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel, unter dem sich die Beschleunigungsstrecke verjüngt, höchstens 22° gegenüber deren Längsachse beträgt.

00000000

6

27. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Gaszuführungskanäle weniger als 1 mm beträgt.